

ラピッド・ビスコ・アナライザ(RVA)を利用した 豆乳凝固過程の粘度測定

日渡美世^{*1}、半谷 朗^{*1}、西田淑男^{*1}

Measurement of the Viscosity Using Rapid Visco Analyzer (RVA) during Coagulation of Soymilk

Miyo HIWATASHI^{*1}, Akira HANYA^{*1} and Yoshio NISHIDA^{*1}

Food Research Center, AITEC^{*1}

大豆の豆腐加工適性を簡便に評価するために、凝固剤添加豆乳の粘度変化を利用した方法について検討した。ラピッド・ビスコ・アナライザ(RVA)の測定条件と粘度変化の関係を解析し、豆乳解析用プロファイルを設定した。次に、RVA パラメーターに対する凝固剤の種類と濃度及び豆乳たんぱく質濃度の影響について解析した。RVA パラメーターは、凝固剤の種類と濃度及び豆乳たんぱく質濃度に関連して変動した。

1. はじめに

近年、消費者の食の安心・安全への関心が高まり、豆腐の原料として国産大豆使用への要望が高まっている。国産大豆では収穫年次や栽培地域による品質のばらつきに合わせた製造条件の決定が必要である。しかし、現状は製造者の経験と勘に基づいており、原材料や製造条件に関する客観的データが必要となっている。大豆の豆腐加工適性として特に重要な項目は(1)豆乳たんぱく質濃度、(2)豆腐の硬さである。しかしこれらの分析は煩雑であり、製造現場で日常的に行うのは困難である。製造現場では原料大豆の配合や凝固剤濃度といった製造条件を容易に決定するために、大豆や豆乳の特性を簡便に測定することが求められている。

本研究では凝固剤添加豆乳の粘度を RVA により測定することにより、大豆の豆腐加工適性を推定することを目的とした。小原ら¹⁾は、連続的に凝固剤を添加した豆乳の粘度データから凝固剤適量を算出できると報告しているが、豆腐加工適性についての十分な検討は行われていない。さらに、RVA による解析についてはこれまで報告されていない。そこで、本研究では、RVA 測定条件とパラメーターを設定し、凝固剤の種類や量、豆乳たんぱく質濃度と RVA パラメーターとの関係を検討した。

2. 実験方法

2.1 実験材料

国産大豆は、平成 17 年愛知県産フクユタカを使用し

た。凝固剤は塩化マグネシウム (MgCl_2)、硫酸カルシウム (CaSO_4)、グルコノ- δ -ラクトン (GDL) の 10%(w/w) 溶液を使用した。

2.2 豆乳の調製

大豆に 5 倍量の蒸留水を添加し、10°C、16 時間浸漬した。水切り後、吸水量と合わせて、吸水前大豆の 6 ~7 倍量の重量となるよう蒸留水を添加し、マイコン電気豆乳メーカー (KC-D843、ツインバード製) を用いて加熱絞り法により豆乳を調製した。豆乳濃度は加水量によって調整した。豆乳は更に付属のこし袋により絞った後急冷し、直ちに実験に供した。

2.3 RVA による粘度測定

凝固剤 10%(w/w) 溶液を 0.5g~1.0 g の範囲で RVA 測定用キャニスターに秤量し、豆乳を加えて 25 g とした。これを RVA (RVA-3、Newport Scientific 製) 分析に供した。経時的な粘度変化は最大値を 100 として示した。

2.4 たんぱく質濃度、離水量の分析

豆乳たんぱく質濃度はケルダール法により測定した。窒素-たんぱく質換算係数は 5.71 とした。離水量は、RVA により一定時間測定した試料について、1,000×g、10 分間遠心分離後の上清重量と試料重量の比から求めた。経時的な離水量は最大値を 100 として示した。

3. 実験結果及び考察

3.1 凝固剤添加豆乳の粘度変化

RVA における昇温過程において、凝固剤添加豆乳では

^{*1} 食品工業技術センター 保蔵技術室

豆乳からの豆腐様凝集物の生成と液状部分の分離が観察された。液状部分の分離が豆腐様凝集物の生成を表すと考えられたことから、RVA における測定時間毎の離水量を測定したところ、ある時間で急激に増加した。RVA における測定時間毎の粘度変化を離水量の変化と比較したところ、昇温過程において急激な粘度低下が観察された(図1)。この粘度低下と離水量の増大とはほぼ同時に起こったことから、豆乳の粘度変化は、凝固剤の添加及び豆乳固形分の凝集沈殿による固形分と水との分離に関連していると推測された。

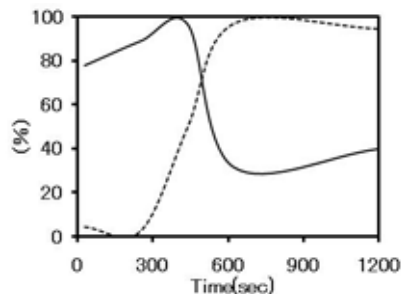


図1 粘度変化と離水量の関係
(— :粘度、----- :離水量)

3.2 RVA 測定条件の検討

RVA における豆乳測定用プロファイルはこれまで報告されていないことから、 $MgCl_2$ を凝固剤として使用して豆乳解析用の測定条件を検討した。開始温度(10~30℃)、昇温速度(2~10℃/min)、最高温度(50~90℃)、回転数(40~160 rpm)と測定値(粘度)との関係について解析した。その結果、開始温度と昇温速度については、粘度変化に対する影響は小さかった。最高温度が低い場合(<50℃)と、回転数が高い場合(>120 rpm)はほとんど粘度変化が認められず、解析には適さないと考えられた。最高温度として70~90℃、回転数として40~60rpmが適当であった。豆乳粘度の解析パラメーターは、最高粘度をPV、最低粘度をMVとし、最高粘度と最低粘度の差をPV-MV、粘度低下開始時間(最高粘度を示す時間)をPVTとした(図2)。

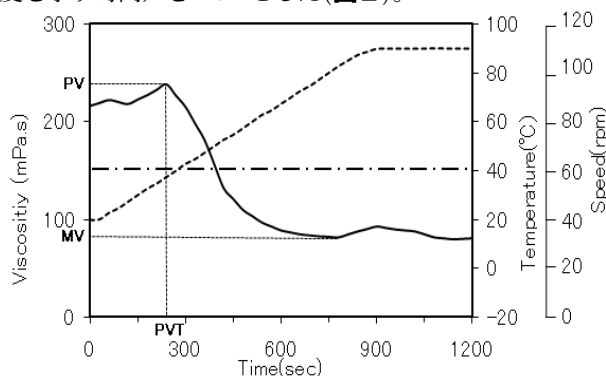


図2 RVA チャートと RVA パラメーター
(— :粘度、----- :温度、- - - :回転数)

3.3 粘度変化と凝固剤種類・濃度との関係

解析パラメーターのうち PVT 及び PV-MV に対する凝固剤の種類と濃度の影響について図3に示した。どの凝固剤についても、PVT、PV-MV ともに凝固剤濃度に依存して変動した。凝固剤濃度が高いほど豆乳の凝固が早くなり短時間で粘度低下が始まること(図3a)、及び豆乳の粘度が上昇すること(図3b)を示していた。 $CaSO_4$ は $MgCl_2$ や GDL に比べて、凝固剤濃度の変化に対する PVT、PV-MV の変動幅が小さかった。これは、溶解性が低く凝固速度が遅いことによると推測された。PV についても PV-MV と同様の傾向が認められた。

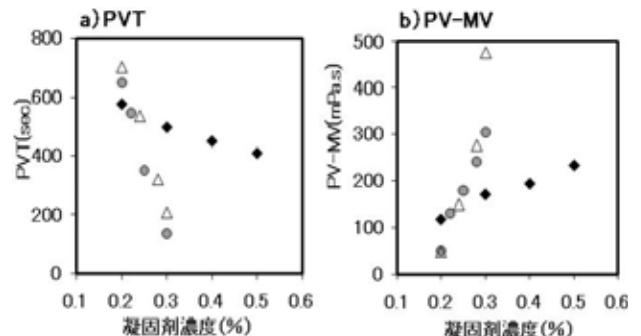


図3 凝固剤の種類と濃度によるパラメーターの変動
(● : $MgCl_2$ 、△ : GDL、◆ : $CaSO_4$)

3.4 粘度変化と豆乳たんぱく質濃度との関係

$MgCl_2$ を0.25%添加した時の PV-MV と豆乳たんぱく質濃度との関係を図4に示した。標準的な $MgCl_2$ の添加量である0.25%では、豆乳たんぱく質濃度が3.2%以上であるとRVAによる解析が可能だった。PVについてもPV-MVと同様の関係が認められた。

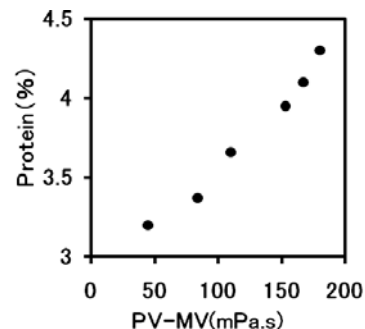


図4 PV-MV と豆乳たんぱく質濃度の関係

4. 結び

RVA を利用して豆乳凝集過程の粘度変化を測定した。凝固剤濃度と粘度変化から豆乳たんぱく質濃度を推定できることが示唆された。今後、品種や栽培地域の異なる大豆などについて、RVA パラメーターと大豆成分、豆腐物性値、製造条件との関係について更に検討する。

文献

- 1) 小原忠彦, 黒河内邦夫, 大日方洋, 松橋鉄次郎: 食品科学工学会誌, 39, 578-585 (1992)